

سومین کارگاه فنی زهکشی

۲۳ مهر ماه ۱۳۸۳

زهکشی از طریق جریان موئینه‌ای و تبخیر  
(روش کشاورزی نواری)

اردوان آذری<sup>۱</sup>

۱- مقدمه

معیارهای طراحی زهکشی در نواحی خشک، عموماً بر اساس کنترل شوری از طریق خارج کردن آب مازاد پروفیل خاک و پایین آوردن سطح ایستابی استوار هستند. در این طرح‌ها، عمق کنترل سطح ایستابی، به گونه‌ای تعیین می‌شود که ضمن تامین فضای تهویه کافی برای رشد گیاه در فصل کشت، با توجه به نوع خاک و حدود خیزموئینه‌ای در آن، امکان تبخیر از سطح سفره در فصل آیش به حداقل، نزدیک به صفر برسد. حداقل عمقی از سطح ایستابی که در آن مقدار جریان موئینه‌ای تا حدی کاهش یابد که شور شدن خاک از این طریق قابل اغماض باشد، عمق بحرانی نامیده می‌شود. به این ترتیب در طراحی زهکشی در نواحی خشک با محدودیت شوری، با پایین آوردن سطح ایستابی به حد عمق بحرانی یا بیشتر از آن، سعی در کاهش و به حداقل رساندن تبخیر از سطح سفره می‌گردد.

با نگاهی از زاویه دیگر به پدیده خیزموئینه‌ای و تبخیر از سطح ایستابی، بایستی اذعان کرد که در فرایند تبخیر، بخشی از آب سفره سطحی از پروفیل خاک خارج می‌شود که در صورتیکه نشت دائمی از اطراف وجود نداشته باشد به نوبه خود می‌تواند سطح ایستابی را پایین‌تر ببرد. به این ترتیب اگرچه با شروع تبخیر از سطح ایستابی، شور شدن خاک نیز آغاز می‌شود، لیکن آب مازاد سفره نیز تخلیه شده و از این جهت، این پدیده، همسو با کنترل سطح ایستابی بوسیله زهکشی عمل می‌کند.

با توجه به جنبه مثبت تبخیر از سطح ایستابی در کاهش بیلان سفره آب زیرزمینی و مآلافت سطح ایستابی، در صورتیکه به گونه‌ای شور شدن خاک و تجمع نمک در سطح خاک، پذیرفته شود، می‌تواند در

خدمت اهداف طرح زهکشی قرار گیرد و نیازهای زهکشی از طریق احداث شبکه زهکشی را منتفی ساخته یا کاهش دهد.

## ۲- جریان موئینه‌ای و تاثیر آن در کاهش سطح ایستابی

در اراضی تحت آبیاری، در خلال فواصل آبیاری یا دوره‌های آیش، با توجه به اینکه جریان رو به پایین نفوذ ناشی از آبیاری وجود ندارد، آب موجود در خاک از طریق نیروی موئینه‌ای بالا کشیده می‌شود. ارتفاع صعود می‌تواند بسیار زیاد باشد، ولی مقدار آبی که صعود می‌کند، بستگی به عمق سطح ایستابی و نوع خاک دارد. رابطه بین شدت جریان موئینه‌ای و عمق سطح ایستابی در ۳ نوع از خاکها در نمودار ۱ نشان داده شده است (Van Hoorn-1979).

در تهیه این نمودار، سطح ایستابی ثابت فرض شده و افزایش تدریجی مکش خاک از صفر در سطح ایستابی تا ۱۶ بار در سطح خاک (حد نقطه پژمردگی) در نظر گرفته شده است.

چنانچه سطح ایستابی، بواسطه نشست جانبی، در تراز ثابتی قرار داشته باشد، در این صورت شدت خیز موئینه‌ای قابل توجه خواهد بود. چرا که با توجه به نمودار فوق‌الذکر در صورتیکه سطح ایستابی برای خاک لومرسی در عمق ۱ متری، خاک لومی در عمق ۱/۹۵ متری و خاک لوم سیلتی در عمق ۲/۸۵ متری قرار داشته باشد، در طول ۶ ماه دوره آیش، جمعا ۱۸۰ میلی‌متر که معادل با ۱ میلی‌متر در روز است. با خیز موئینه‌ای تبخیر خواهد شد. مقادیر اشاره شده نشان دهنده نقش قابل توجه وجود سیلت در خاک برای بیشتر شدن خیز موئینه‌ای است.

در صورتیکه آب زیرزمینی با نشست جانبی تغذیه نشود، خیز موئینه‌ای موجب افت سطح ایستابی خواهد شد. سطح ایستابی پایینتر، بدلیل کاهش هدایت موئینه‌ای سبب کاهش شدت جریان موئینه‌ای خواهد بود. نتیجه نهایی این فرایند، افت بیشتر سطح ایستابی تا حدی خواهد بود که سرعت جریان موئینه‌ای به صفر نزدیک شود.

## ۳- عوامل موثر در شدت جریان موئینه‌ای

عوامل موثر در میزان و شدت جریان موئینه‌ای شامل میزان تبخیر از سطح خاک، پوشش گیاهی، میزان تغذیه سفره و نوع خاک است.

### - شدت تبخیر از سطح خاک

اگر چه تبخیر شدید از سطح خاک، میزان رطوبت خاک را کاهش داده و از این نظر مکش شدیدی ایجاد می‌شود، لیکن خاک خشک، هدایت موئینه‌ای کمتری داشته و میزان جریان رو به بالای آب تا حد زیادی کاهش می‌یابد. در واقع تبخیر شدید باعث بوجود آمدن سریع یک لایه بسیار خشک در سطح خاک (لایه

مالچی<sup>۱</sup>) می‌شود که بدلیل کم بودن هدایت موئینه‌ای آن، مقدار جریان موئینه‌ای بشدت کاهش می‌یابد. از این رو میزان جریان موئینه‌ای در شرایطی که میزان تبخیر سطحی شدید باشد، کمتر از شرایطی است که در آن میزان تبخیر کم یا متوسط است. در حالت اول، جریان موئینه‌ای برای مدت کوتاهی سریع است، ولی بتدریج از سرعت آن کاسته می‌شود، و در حالت دوم جریان موئینه‌ای با سرعت کم ولی در مدت طولانی ادامه پیدا می‌کند.

#### - وجود پوشش گیاهی

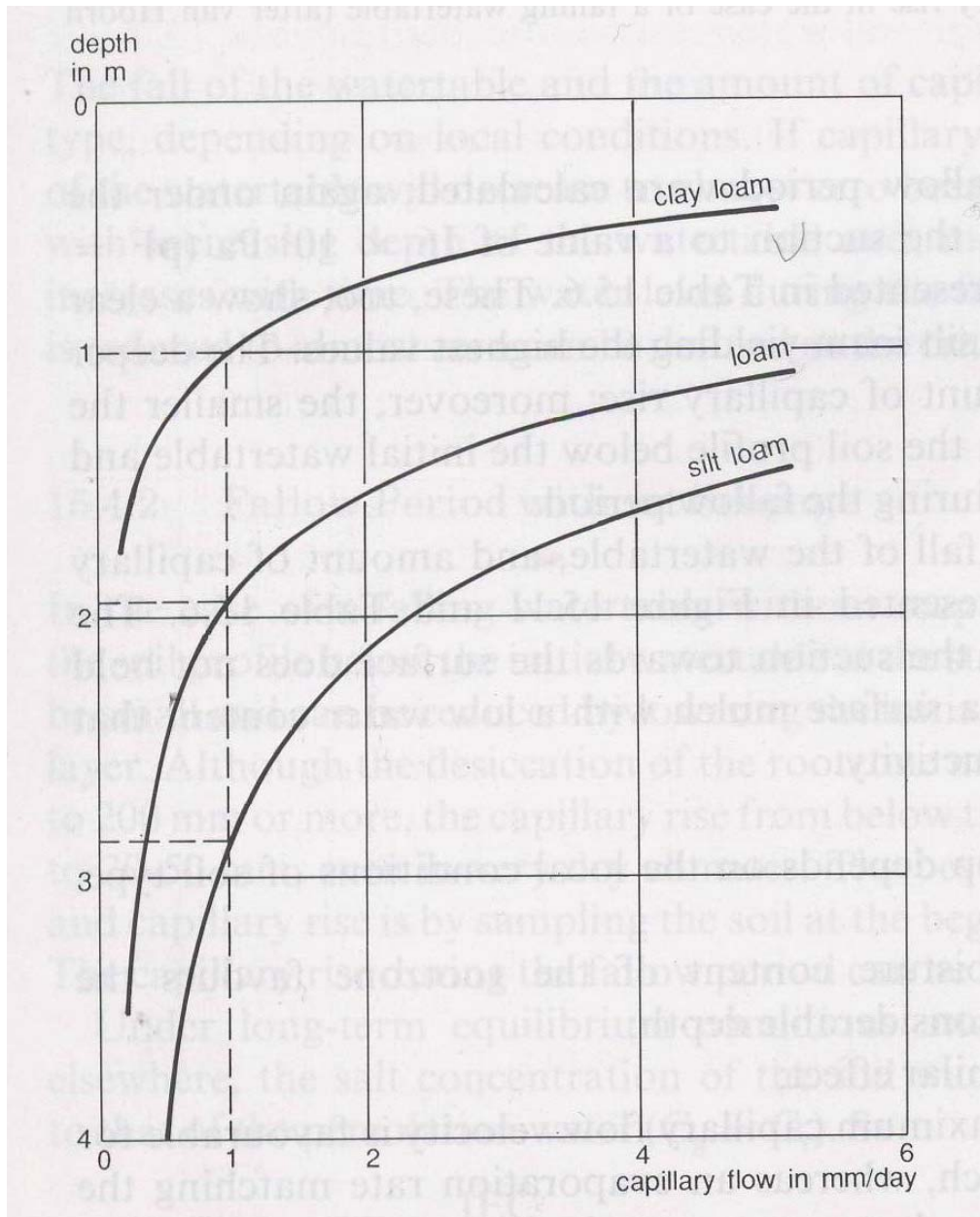
وجود پوشش گیاهی در خاک باعث می‌شود که عمقی از خاک که تحت تاثیر تبخیر قرار می‌گیرد، متناسب با عمق توسعه ریشه‌ها، بیشتر از شرایط خاک بدون پوشش گیاهی باشد. به همین دلیل در شرایط وجود پوشش گیاهی، میزان جریان موئینه‌ای نیز بیشتر است.

#### - تغذیه آب زیرزمینی

تغذیه آب زیرزمینی موجب بالاتر آمدن سطح ایستابی و افزایش میزان جریان موئینه‌ای می‌شود.

#### - نوع خاک

هر چه منافذ خاک ریزتر باشد، میزان خیزموئینه‌ای زیادتر ولی شدت جریان آن کمتر است، در مقابل هر چه منافذ درشت خاک بیشتر باشد، شدت جریان موئینه‌ای بیشتر ولی میزان خیز آن کمتر است. حالت اول در خاکهای سنگینی و حالت دوم در خاکهای سبک اتفاق می‌افتد که در هر دو حالت عمق بحرانی سطح ایستابی، کمتر از حالتی است که خاک دارای بافت متوسط (لوم شنی نرم، سیلت لومی) باشد. چرا که در خاک دارای بافت متوسط، هم شدت جریان موئینه‌ای و هم میزان خیز آن نسبت به هر دو نوع خاک فوق‌الذکر بیشتر است و بیشترین خطر شور شدن خاکهای تحت آبیاری از نظر نوع خاک، در این نوع از خاکهاست (نمودار ۱).



تغییرات سرعت جریان موئینه‌ای نسبت به عمق سطح ایستابی - میزان مکش در سطح برابر با  $10^{-5}$  \* ۱۶ پاسکال در نظر گرفته شده است. (ون هورن ۱۹۷۹)

#### ۴- بهره‌گیری از جریان موئینه‌ای به منظور زهکشی

شوری خاک، مانع از بهره‌برداری زراعی از آن است. از این رو در طرح‌های آبیاری و زهکشی، همواره تلاش می‌شود با مدیریت صحیح آبیاری و زهکشی، از شور شدن خاک، تحت تاثیر تبخیر از سطح اراضی جلوگیری شود. بنابراین کلیه عواملی که در کاهش میزان تبخیر و همچنین میزان جریان موئینه‌ای موثر هستند، به خدمت گرفته شده و عواملی نیز که باعث بیشتر شدن تبخیر می‌گردند، حذف کرده یا تحت کنترل قرار می‌گیرد.

مثلا شخم زدن اراضی در شرایط آیش موجب از بین رفتن علفهای هرز و بریده شدن لوله‌های موئینه‌ای و کمتر شدن تبخیر و در نتیجه جلوگیری از شور شدن خاک می‌شود. بنابراین برای جلوگیری از شور شدن خاک در شرایط آیش، شخم زدن خاک و از بین بردن علفهای هرز توصیه می‌شود.

با یک هدف متضاد می‌توان این عوامل را به طور معکوس نیز در خدمت گرفت. چنانچه از بهره‌برداری زراعی در بخشی از اراضی بواسطه شور شدن، صرف‌نظر شود، می‌توان با هدف زهکشی آبهای مازاد پروفیل خاک، اجازه تبخیر بیشتر و افزایش جریان موئینه‌ای را داد. بدیهی است که در این صورت باید عوامل تشدید کننده جریان موئینه‌ای تقویت و عوامل کاهنده آن تضعیف شود.

ضریب زهکشی برای اکثر نواحی کشور ما، در حد ۲ میلیمتر در روز قابل قبول شناخته شده است. بر اساس نمودار ۱ با فرض سطح ایستابی ثابت (حالت نشت از اطراف) در صورتیکه سطح ایستابی در خاکهای لومرسی در عمق ۱ متری، در خاکهای لومی در عمق ۱/۹ متر و در خاکهای لومسیلتی در عمق ۲/۸۰ باشد، از طریق جریان موئینه‌ای، می‌توان به تخلیه‌ای معادل ۱ میلیمتر در روز دست یافت. همچنین در

صورتیکه نیاز باشد میزان تخلیه ۲ میلیمتر در روز باشد، سطح آب در خاکهای اشاره شده، بترتیب باید ۰/۷، ۱/۵ و ۲/۲۰ متر باشد.

این، یعنی جایگزین شدن تخلیه طبیعی و بدون هزینه زه‌آب، بجای اجرای یک پروژه زهکشی با اجزای کامل و هزینه قابل توجه احداث و نگهداری و احتمالا پمپاژ برای تخلیه ۲ میلیمتر در روز از زه‌آب اراضی. البته هزینه غیر مستقیم این طرح، عدم النفع ناشی از توقف بهره‌برداری زراعی از بخشی از اراضی است که بسیار اساسی است. لیکن چنانچه با میزان آب موجود، تنها امکان توسعه بخشی از اراضی فراهم شود و بخش توسعه نیافته اراضی برای تخلیه زه‌آب از طریق تبخیر اختصاص یابد، اهداف فوق می‌تواند برآورده شود.

مفهوم ((زهکشی خشک<sup>۱</sup>)) یا ((کشاورزی نواری<sup>۲</sup>)) بر این دیدگاه استوار است.

## ۵- مبانی زهکشی از طریق کشاورزی نواری

ممکن است در وهله اول مفهوم کشاورزی نواری، روش ((آبیاری نواری<sup>۳</sup>)) را تداعی کند. باید اذعان کرد که اینگونه نیست. کشاورزی نواری ارتباطی با روش آبیاری اراضی ندارد. کشاورزی نواری، نوعی قطعه‌بندی اراضی است که در نواحی خشک با شرایط کم‌آبی<sup>۴</sup> با هدف خارج کردن و دفع آب و املاح اضافی از اراضی تحت کشت به سمت اراضی کشت نشده مجاور به انجام می‌رسد.

منظور از نواحی خشک با شرایط کم‌آبی، عبارت از دشت‌هایی است که وسعت اراضی در آنها بیش از میزان آب در دسترس برای توسعه آبیاری است. به عبارت دیگر میزان خاک بیشتر از آب است. بنابراین در اینگونه دشت‌ها امکان توسعه آبیاری در تمامی اراضی فراهم نبوده و بناگزیب باید بخشهایی از اراضی به صورت نکاشت رها شود. در کشور ما، با اقلیم خشک و نیمه خشک موجود در اکثر نواحی آن، از

1- Dry Drainage  
2- Strip Cropping  
3- Border Irrigation  
4- Water Scarcity

اینگونه دشت‌ها به فراوانی می‌توان نام برد. مثلا در کلیه دشتهای حاشیه کویر لوت و کویر نمک، از جمله، دشتهای یال جنوبی رشته کوه البرز شامل دشتهای ورامین، گرمسار، دهنمک، سمنان، شاهرود، دامغان و ... شرایط کم‌آبی ذکر شده برقرار است.

در این شرایط، وضعیت مناسبی برای هدایت آب و املاح اضافی ناشی از آبیاری، به اراضی مجاور که بدلیل کمبود آب امکان آبیاری آنها فراهم نیست، ایجاد می‌شود. در این صورت اراضی مجاور زهدار شده و بتدریج شور خواهند شد. در حقیقت در این روش، بخشی از اراضی، ((قربانی)) اراضی دیگر می‌شود. مفهوم ((زهکشی خشک)) یا ((کشاورزی نواری)) مفهوم جدیدی نیست؛ ولی در ایران، در جریان همکاری نگارنده با آقای ر. ج. اوستربان<sup>۱</sup> کارشناس سابق موسسه ILRI<sup>۲</sup> هلند در طی مطالعات زهکشی دشت گرمسار با توجه به شرایط ویژه اراضی حاشیه دشت گرمسار و وجود شرایط کمبود آب و شوری منابع آب و خاک عنوان گردیده است. در این روش در خاکهای با هدایت هیدرولیک بالا و ضخامت مناسب، کشت و کار در روی نوارهایی به عرض مثلا ۱۰۰ متر به انجام می‌رسد که در حد فاصل آنها نوارهایی به عرض مثلا ۳۰ متر به طور دایمی در شرایط آیش رها می‌شوند. در صورتی که میزان هدایت هیدرولیک یا ضخامت خاک نسبتا کم باشد، نوارهای ذکر شده می‌تواند کم‌عرض‌تر انتخاب شود و مثلا بترتیب به ۵۰ و ۱۵ متر کاهش داده شود. نسبت عرض نوارهای کشت ( $L_i$ ) به نوارهای آیش ( $L_f$ ) بسته به شرایط آب و هوایی و خاک، از ۱/۵ تا ۸ گزارش شده است.

با توجه به اینکه نوارهای کشت شده، آبیاری می‌شوند، سطح ایستابی در این اراضی بالاتر می‌آید. در حالیکه سطح ایستابی در نوارهای آیش، همچنان پایینتر از این اراضی قرار دارد. به این ترتیب گرادیان هیدرولیکی از اراضی تحت کشت به سمت اراضی نکاشت برقرار می‌گردد و آب زیرزمینی به همراه املاح موجود در آن به سمت نوارهای نکاشت جریان می‌یابد. جریان مستمر آب زیرزمینی به سمت این اراضی (نشت) موجب بالاتر آمدن سطح ایستابی در این اراضی می‌شود.

در فصل آبیاری که مصادف با فصل گرم است، در نوارهای تحت کشت، جهت جریان از بالا به پایین و از داخل به سمت خارج از اراضی است. در حالیکه در نوارهای نکاشت، جریان از خارج به سمت داخل و بالاخره تحت تاثیر تبخیر و خیزموئینه‌ای از پایین به بالا است.

به این ترتیب جریان مستمری از آب و املاح از نوارهای تحت کشت به سمت اراضی نکاشت برقرار می‌شود و با تبخیر انجام یافته از سطح این اراضی، املاح در سطح این اراضی تجمع می‌یابد. این املاح در حقیقت نمکهای آب آبیاری هستند که به طور طبیعی به همراه زه‌آب، از اراضی تحت کشت به خارج از آن منتقل شده‌اند.

وجود این نوع بهره‌برداری از اراضی، که پایدار نیز می‌تواند تلقی شود، در بعضی از کشورها نظیر استرالیا، پاکستان و پرو گزارش شده است. در ایران نیز، اگر چه تحقیقی در این زمینه بدست نیامده است، در نوار حاشیه‌ای دشت گرمسار، نمونه‌هایی از آن مشاهده شده که تصاویری از آن ارائه شده است.

1- R.J.Oosterbaan

2-International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)

از این نمونه‌ها در حاشیه دشت گرمسار، به فراوانی می‌توان مشاهده کرد. در اینچنین شرایطی، معمولاً زارعین بخوبی واقف هستند که در صورتی که بدلایلی اراضی خود را در یک فصل کشت، نکارند، در حالیکه زارع همسایه آنها، به کشت زمین خود ادامه دهد، سال دیگر با زمین شور شده‌ای روبرو خواهد بود که میزان محصول آن بشدت افت خواهد کرد. همچنین معمولاً بخوبی می‌دانند که بخش اعظم نمک‌های تجمع یافته در زمین خود، همان نمک‌های زمین همسایه است. از این رو، در این نواحی، زارع، تنها وقتی که از کشت و کار در زمین خود به کلی صرف‌نظر کرده باشد، آنرا رها می‌کند. در غیر این صورت مجبور است همه ساله زمین خود را به زیر کشت و آبیاری ببرد.

در کاربرد این روش، در نوارهای آیش که بتدریج شورتر می‌شوند، می‌توان اقدام به کشت درختان مقاوم به شوری، نظیر اکالیپتوس و آتریپلکس کرد تا هم با جذب و تبخیر بخش دیگری از زه‌آب، زهکشی منطقه تقویت شود<sup>۱</sup> و هم علاوه بر امکانات بهره‌برداری از آنها، چشم انداز خوبی نیز از نوارهای اراضی به موازات نوارهای درختان ایجاد می‌شود.

در صورتیکه نیاز باشد، در نوارهای آیش برای کنترل بیشتر سطح آب در فصول حداکثر خیز سطح آب، می‌توان زهکشهای روباز با عمق کم (حدود ۱ متر) نیز حفر کرد.

## ۶- مزیت‌ها و معایب روش کشاورزی نواری

کاربرد این روش زهکشی، همانند سایر روش‌ها، در شرایطی می‌تواند مطلوب باشد. از طرف دیگر ممکن است بدلیل محدودیت‌هایی، امکان کاربرد این روش وجود نداشته باشد. مسلماً بررسی‌ها و تحقیقات میدانی، اطلاعات زیادتری از مقدرات و محدودیت‌های کاربرد این روش را در اختیار ما قرار می‌دهد. در این زمینه آنچه که به طور مقدماتی قابل ذکر است، در ذیل ارائه شده است.

### ۶-۱ مزیت‌ها

الف : مهمترین و اصلی‌ترین مزیت کاربرد روش کشاورزی نواری، بدون هزینه بودن یا هزینه‌های ناشی از پایین آوردن تراز سطح اراضی آیش برای افزایش کارایی سیستم است. در حالیکه اجرای زهکشی به روشهای کلاسیک، اعم از شبکه زهکش‌های زیرزمینی یا روباز، درحال حاضر هزینه قابل توجهی داشته بویژه اگر برای تخلیه زه‌آب از پمپاژ استفاده شود.

ب : در شرایط کم‌آبی ( نظیر حاشیه دشت گرمسار ) اراضی تحت کشت معمولاً متمرکز نبوده و به صورت قطعات مجزایی در حد فاصل اراضی بایر قرار دارند.

اجرای شبکه زهکش در اینگونه اراضی معمولاً بسیار پر هزینه است و طول زهکش‌ها در واحد سطح اراضی زیادتر از حد معمول می‌باشد. در حالیکه در اینگونه اراضی، مناسبترین شرایط برای کاربرد روش کشاورزی نواری است.

پ : در صورت پراکنده بودن اراضی تحت کشت، بر روی شبکه زهکشی، بار اضافی تخلیه از اراضی مجاور نیز تحمیل خواهد شد. در حالیکه در روش کشاورزی نواری، اراضی کشت نشده، خود، محل تخلیه زه آب اراضی تحت کشت مجاور است.

ت : کاربرد توام این روش با کشت درختان مقاوم به شوری در اراضی قربانی، علاوه بر تقویت پتانسیل زهکشی در این اراضی از طریق تبخیر و تعرق درختان، امکان بهره‌گیری از زه آب برای کشاورزی (درخت) در محل فراهم خواهد شد. در حالیکه در شبکه‌های زهکشی، زه آب معمولاً در ترازوی پایین‌تر از سطح اراضی قرار داشته و در پایاب اراضی قابل دسترس است.

## ۶-۲ معایب

الف : با توجه به تجمع نمک در سطح خاک نوارهای کشت نشده، در صورت وجود باد شدید در منطقه، احتمال انتقال املاح به سطح اراضی تحت کشت و شور شدن آنها وجود دارد. برای جلوگیری از این امر، جمع‌آوری مکانیکی املاح از سطح خاک و دفع آنها قابل انجام است که موجب هزینه و کار اضافی خواهد بود.

ب : در انتهای فصل آبیاری، که بیشترین تجمع املاح نیز صورت گرفته است، در صورت بارندگی شدید، احتمال دارد نمک‌ها حل شده و مجدداً به عمق خاک و زیر اراضی تحت کشت باز گردد که موجب شوری بیش از اندازه آب زیرزمینی و پروفیل خاک می‌شود. در این صورت نیز راه حلی نظیر بند فوق می‌تواند پیش‌بینی کرد.

پ : در اراضی خرده مالکی که هر زارع قطعه کوچکی از اراضی را در مالکیت خود دارد، آرایش نوارهای این روش بسیار دشوار است. مگر در شرایطی که قطعات به اندازه کافی بزرگ باشند یا اراضی بایر به تناوب در حد فاصل اراضی بهره‌بردار قرار داشته باشند. قطعات بزرگ اراضی گروه‌های مشاعی که توسط هیئت‌های واگذاری اراضی در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ به زارعین واگذار شده‌اند، در صورتی که مالکیت مشاعی آنها کماکان پابرجا باشد، شرایط مناسبتری برای اجرای این روش دارند.

## ۷- پیشنهادات

آنچه که ذکر شد، علاوه بر پایه نظری آن، مبتنی بر شواهدی از وضعیت موجود کشاورزی تعدادی از دشت‌های ناحیه خشک کشور است. پیش‌نیاز کاربرد این روش در هر ناحیه از کشورمان، انجام تحقیق و بررسی‌هایی است که تا کنون صورت نگرفته است. بنابراین معیارهای کاربردی و کمی روش پیشنهادی بویژه نسبت مناسب  $L_i / L_f$  (نسبت عرض اراضی تحت کشت به اراضی آیش دائم) هنوز مشخص نیست. تحقیق در این زمینه، دشوار و بسیار پرهزینه نیست. پیشنهاد می‌شود مراکز تحقیقاتی یا دانشگاهها، از طریق ارائه طرح‌های تحقیقاتی یا پایان‌نامه‌ها و رساله‌ها، مبنای نظری این روش را مورد آزمون قرار دهند تا کارایی آن مورد بررسی قرار گرفته و مزیت‌ها و محدودیت‌های آن بخوبی روشن شود. همچنین با توجه به ویژگی‌های این روش، تحقیق بر روی مشخص کردن شناسایی و معرفی نواحی مناسبی از کشور ما که امکان کاربرد این روش در آنها فراهم است می‌تواند پیشنهاد شود.





کشاورزی نواری در اراضی شور و کم آب جنوب دشت گرمسار. تجمع نمک در نوارهای نکاشت، نمک‌های آب آبیاری اراضی تحت کشت مجاور است که به طور طبیعی همراه زه آب از آن اراضی خارج شده و در نوارهای نکاشت تحت تاثیر تبخیر قرار گرفته است.



نوارهای نکاشت (اراضی قربانی) در مجاورت اراضی تحت کشت که به روش کشاورزی نواری قطعه بندی شده اند - جنوب دشت گرمسار.

